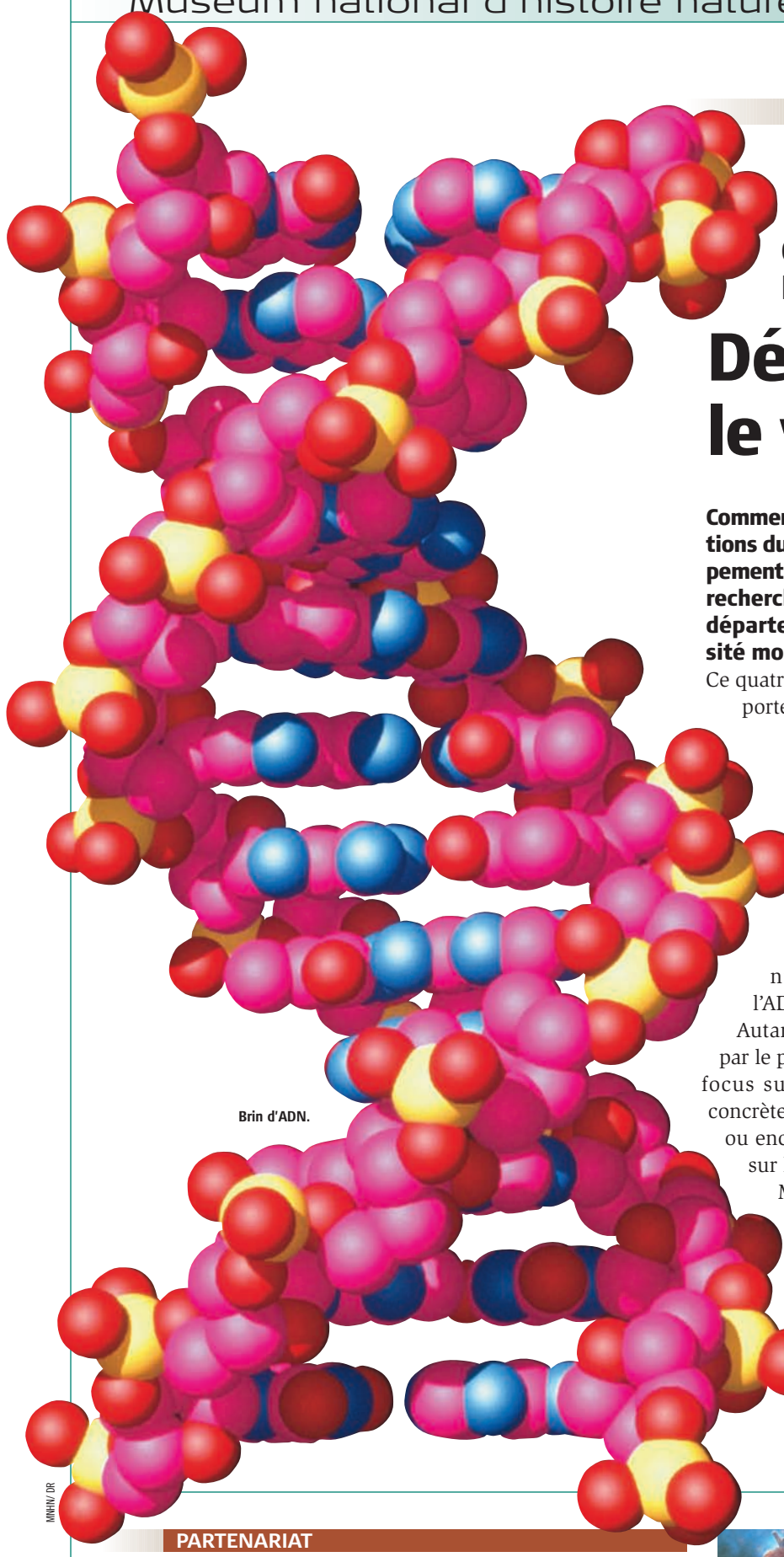
PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:00 Page 1

Le Muséum

Muséum national d'histoire naturelle | La lettre d'information | Numéro 4



Brin d'ADN.

MNHN / DR

DOSSIER

GÉNOMES ET SUBSTANCES NATURELLES

Décrypter le vivant

Comment expliquer la diversité des formes et des fonctions du vivant ? Quels processus contrôlent le développement et l'évolution des organismes ? Cinq équipes de recherche planchent sur ces vastes sujets au sein du département Régulations, Développement et Diversité moléculaire, dirigé par Barbara Demeneix.

Ce quatrième numéro de la lettre du Muséum nous ouvre les portes de laboratoires, où recherches théoriques et expérimentales se combinent au profit d'une meilleure compréhension du vivant. Comment nos gènes sont-ils régulés ? Que nous enseigne la métamorphose d'un amphibien sur notre propre développement ? Comment les mécanismes de réparation de l'ADN ont-ils été mis au point ? Autant de questions explorées par le pôle de génomique avec un focus sur quelques applications concrètes : détection de polluants ou encore effet de la vitamine A sur la formation craniofaciale.

Patrick LAFAITE / MNHN

Mais l'activité du département s'appuie aussi sur l'étude des molécules naturelles produites par les végétaux, les animaux et les bactéries. Avec, *in fine*, des découvertes comme la tazopsine, nouvel antipaludique extrait d'une plante malgache, la mise en évidence du rôle de certaines bactéries dans des mécanismes de défense ou encore dans la contamination des eaux douces de surface. Rendez-vous en PAGE 4, pour un voyage au centre de la recherche.

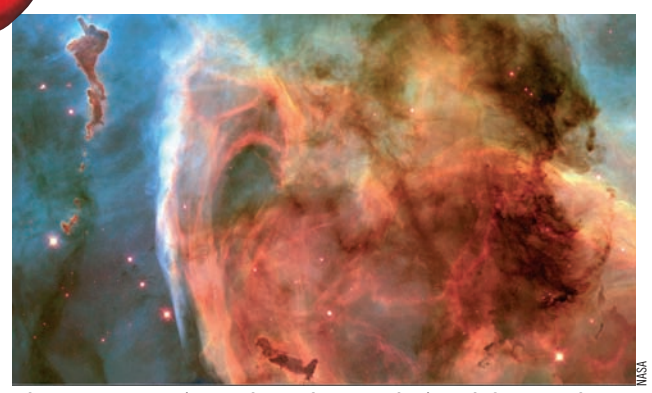
PARTENARIAT

Avec Veolia Environnement

PAGE 6

LA FONDATION D'ENTREPRISE DE CE GRAND GROUPE A EU UN VÉRITABLE COUP DE CŒUR POUR LE PROJET DE GALERIE DES ENFANTS PORTÉ PAR LE MUSÉUM. INTERVIEW D'HENRI PROGLIO, PDG DE VEOLIA ENVIRONNEMENT, ET GROS PLAN SUR L'OUVERTURE D'UN LIEU INÉDIT D'ÉVEIL ET D'EXPÉRIENCE À L'HORIZON 2008.

C. Lemzaouda/MNHN



NASA

Nébuleuse Ata Carinae (400 années-lumière de diamètre). Située à 8 000 années-lumière de la Terre, elle est un site actif de formation d'étoiles.

PORTRAIT

Décrocher les étoiles

PAGE 8

SMAIL MOSTEFAOUI, INGÉNIEUR DE RECHERCHE AU SEIN DU LABORATOIRE D'ÉTUDE DE LA MATIÈRE EXTRATERRESTRE, ÉVOQUE SON ODYSSÉE DE COSMOCHIMISTE, SA PASSION POUR LES MÉTÉORITES ET LA NANOSIMS 50, ACQUISE PAR LE MUSÉUM AVEC LE SOUTIEN DE LA RÉGION ÎLE-DE-FRANCE ET DU CNRS. UNE MACHINE, LIMITÉE À QUELQUES EXEMPLAIRES DANS LE MONDE, CAPABLE DE MESURER L'INFINIMENT PETIT.

Synergies

C'est avec un réel plaisir que je vous présente le numéro 4 de la lettre du Muséum. Reconduit pour un nouveau mandat à la direction générale du Muséum, j'aurai à cœur de poursuivre, au cours de ces quatre prochaines années, le redressement entrepris par notre établissement et de vous permettre, à travers cette lettre, de découvrir toujours un peu plus la formidable diversité scientifique, culturelle et écologique, qui anime cette grande maison.

Ce numéro vous présente un nouvel axe de la recherche du Muséum : la recherche génomique, l'étude des substances naturelles et le développement des technologies de pointe. Dans le dossier consacré au département Régulations, Développement et Diversité moléculaire, des équipes du Muséum témoignent des nouvelles perspectives offertes par l'exploitation des données génomiques. Les unités de recherche du pôle chimie et biochimie de l'adaptation démontrent la portée des études menées sur des molécules produites par des végétaux, des animaux ou encore des bactéries avec, à la clef, une meilleure connaissance de la biodiversité et des applications thérapeutiques.

Dans un autre domaine, Smail Mostefaoui, ingénieur de recherche au sein du Laboratoire d'étude de la matière extraterrestre – le Leme –, intégré au département Histoire de la Terre, retrace son parcours de cosmochimiste. Il nous entraîne au cœur des grandes questions sur la naissance du système solaire et nous fait partager son enthousiasme pour une machine surprenante : la nanoSIMS 50, dernière-née de la génération de sondes ioniques.

Un outil de pointe, capable d'effectuer des mesures à l'échelle de l'infiniment petit… Le Muséum est aujourd'hui l'un des rares établissements au monde à le posséder.

Là se situe la richesse du Muséum : dans la coexistence de recherches engagées depuis des siècles et de plus récentes, les unes comme les autres faisant appel aux nouvelles technologies. Elles convergent toutes vers un même objectif : enrichir la connaissance du Vivant et de la Nature, contribuer au développement d'une vraie conscience écologique et créer des opportunités de partenariat multiples.

À Dinard, c'est avec l'Ifremer et les collectivités territoriales que nous créons un centre scientifique sur les systèmes côtiers, le Cresco.

Le partenariat est aussi essentiel au succès de notre mission d'éducation à l'environnement. La future Galerie des Enfants en est une illustration, avec l'implication de partenaires majeurs, tels que Veolia Environnement. Cet engagement nous conforte dans notre mission de diffusion des connaissances.

Recherche de pointe et partenariat, illustrés dans cette lettre, sont au cœur de l'identité du Muséum et donc des objectifs de mon second mandat.

Bertrand-Pierre Galey,
Directeur général

PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:00 Page 2

Photos : Patrick LAFAITE / MNHN

1 La Fête de la Science bat son plein au Jardin des Plantes.

2 La programmation riche et audacieuse du festival Pariscience attire de plus en plus de curieux.

3 Marie-Monique Robin, lauréate du prix Buffon pour son film *Les Pirates du vivant*.

Le Muséum fête la science !

Du 12 au 15 octobre, le Muséum a accueilli la 15e édition de la Fête de la Science. Dès le vendredi, la disponibilité des chercheurs et le vaste choix d'ateliers et de visites ont enthousiasmé plus d'un millier de scolaires. Côté Jardin des Plantes, 33 laboratoires ont reçu, sur le seul week-end, entre 2 000 et 2 500 curieux. Des cafés sciences proposaient des espaces de discussion libre et décontractée avec les scientifiques du Muséum. En paléontologie, pour sa première exposition, le squelette du plus vieil ancêtre de la baleine a attiré plus de 300 visiteurs. À l'occasion de la deuxième édition du festival international du film scientifique Pariscience, et dans le cadre de son partenariat, le Muséum a décerné le prix Buffon, attribué à une œuvre traitant d'écologie ou de biodiversité, au film *Les Pirates du vivant*. Une programmation éclectique proposait quarante séances gratuites : *Alice au pays des cafards*, *Les Tomates voient rouge*, *La Bataille de Tchernobyl*… Après chaque projection, scientifiques, réalisateurs et public ont pu échanger leurs avis et leurs opinions. Dix séances réservées aux scolaires invitaient les 8-18 ans à explorer des sujets variés : *Einstein : 1905, l'année-lumière*, *Dans les profondeurs du climat*…

Grande affluence au Musée de l'Homme où petits et grands devenaient incollables sur la Préhistoire, grâce à une vingtaine d'ateliers sur la taille du silex, l'étude de crânes humains ou encore la reconstitution de fours en extérieur.

NOMINATIONS

Un second mandat pour le directeur général

Bertrand-Pierre Galey, directeur général du Muséum.

Bertrand-Pierre Galey dirigera le Muséum pour un nouveau mandat de quatre ans. Premier titulaire de cette fonction, créée en 2001 à l'occasion de la réforme de l'établissement, Bertrand-Pierre Galey a mis en place la nouvelle organisation issue de cette importante réforme. La signature du contrat d'établissement en 2004, les recrutements d'enseignants-chercheurs ou encore l'engagement de grands chantiers de rénovation ont jalonné sa première mandature.

André Ménez, président du Muséum.

DR / MNHN

Un nouveau président pour le Muséum

André Ménez succède à Bernard Chevassus-au-Louis. Membre du Conseil scientifique du CEA depuis 2002, il est actuellement responsable, au sein de cet organisme, du volet « Biologie intégré » au programme national de biodéfense (NRBC) et membre du comité de pilotage de l'ANR. C'est en bon connaisseur du Muséum qu'André Ménez prend ses fonctions, puisqu'il y a occupé le poste de délégué à la Recherche entre 2003 et 2005.

EXPÉDITION

Chantal ROUSSELIN / Palais de la Découverte.

Santo, l'île aux trésors

Depuis deux mois, les différentes équipes de la mission scientifique Santo 2006, initiée par le Muséum avec l'IRD et Pronatura international, procèdent à un extraordinaire inventaire de la biodiversité (cf. lettre du Muséum n° 3). Pour suivre l'avancée de l'expédition en direct, un PC a été installé au Palais de la Découverte. Ouvert au public jusqu'en janvier 2007, cet espace d'information en continu, doté de bornes Internet, présente maquettes, cartes, photos et objets de collection. Il sert également de lieu de rencontre entre scientifiques et scolaires.

Le site www. santo2006.org complète ce dispositif qui reçoit le soutien de partenaires prestigieux : les fondations Niarchos, Total et Veolia Environnement, le Fonds Pacifique…

PHOTOS

Les oiseaux de Sens

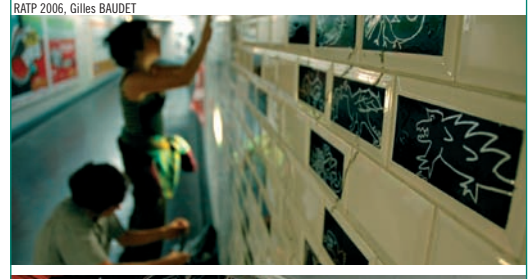
Dans le cadre du Mois de la photo, du 28 octobre 2006 au 6 janvier 2007, le Muséum présente à la Grande Galerie de l'Évolution 35 photos en noir et blanc d'oiseaux des collections du musée de Sens – actuellement fermé au public – réalisées par Emmanuel Berry : oiseaux familiers, des plaines, des forêts, des marais, des bords de mer, exotiques…

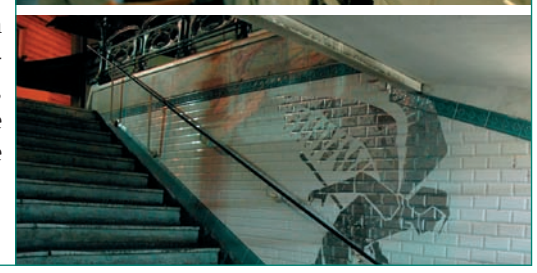
MÉTRO

Sur la piste des dragons

L'exposition « Dragons » aura accueilli 300 000 visiteurs. Tout au long du mois d'octobre, le Muséum a proposé, en partenariat avec la RATP, de revisiter la légende de saint Michel terrassant le dragon dans la station de métro… Saint-Michel ! Avec le concours des étudiants de l'École nationale supérieure des arts décoratifs et de la société Raja, les usagers de la ligne n° 4 ont pu contempler la voûte où des adhésifs argentés en aluminium dessinaient le dragon. Des carreaux, si caractéristiques du métro, formaient ses écailles.

RATP 2006, Gilles BAUDET





PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:00 Page 3

1 2

Jaime PLAZA.

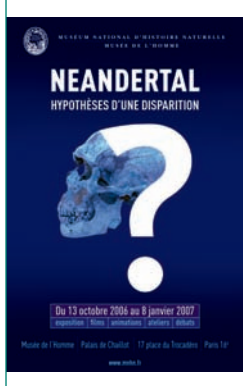
Le pin Wollemi, nouvelle espèce !

Depuis septembre, le Muséum abrite trois spécimens du pin Wollemi sur ses sites du Jardin des Plantes et de Chèvreloup. Pourquoi introduire ce conifère dans ses collections ? Sa découverte, il y a douze ans, dans une vallée isolée d'Australie, prouve que l'inventaire de la biodiversité n'est pas terminé. Les nombreuses descriptions d'espèces nouvelles concernent d'ordinaire des organismes plus discrets ou des êtres vivant dans des milieux très difficiles d'accès. Autre argument, le Muséum accomplit là sa mission de conservation *ex situ* d'espèces, en préservant les plus menacées ou les plus rares. Enfin, le pin Wollemi, dont l'histoire remonte au temps des dinosaures, est proche de plantes fossiles, comme celles présentées devant la galerie de Paléontologie et appartenant à des groupes apparus sur Terre avant les plantes à fleurs. On y trouve prêles, fougères et araucarias, tous proches cousins du pin Wollemi et dont le Jardin des Plantes possède une collection de onze espèces de Nouvelle-Calédonie, d'une grande rareté. Dans sa vallée d'origine – Wollemi Park, à l'ouest de Sydney –, le pin Wollemi est représenté par un ensemble d'une centaine d'individus adultes de près de 40 mètres de haut, dont l'âge est estimé entre 500 et 1 000 ans. Protégé par le gouvernement australien, qui tient secret et inaccessible son lieu de vie, il va donc suivre la route des plantes très rares diffusées mondialement pour assurer leur sauvegarde.

1 et 2
Le pin Wollemi a été découvert en 1994 par le forestier David Noble, au fond d'une vallée isolée à l'ouest de Sydney. Les premiers Wollemia sont apparus au Crétacé, il y a 140 à 65 millions d'années.

EXPO

Néandertal, hypothèses d'une disparition

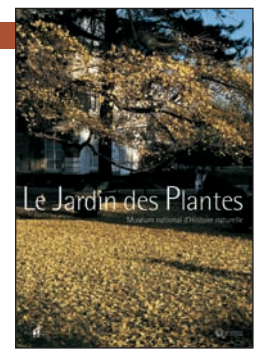


À l'occasion des 150 ans de la découverte de l'homme de Néandertal, le Musée de l'Homme expose pour la première fois, du 13 octobre 2006 au 8 janvier 2007, les fossiles originaux extraits de ses collections, dont le fameux crâne de La Ferrassie (Dordogne). Le public est invité à confronter des avis de l'époque – lettres relatant la découverte, coupures de presse… – et les différentes hypothèses scientifiques sur la disparition de Néandertal. Une information est également proposée sur les travaux que les scientifiques espèrent voir aboutir, comme la possibilité de reconstituer le génome complet de Néandertal. Avant de partir, adultes et enfants sont encouragés à donner leur avis par une trace écrite ou un dessin.

VIENT DE PARAÎTRE

Marianne FERAILLE

Beaux livres



L'ouvrage *Jardin des Plantes* évoque les richesses *« du plus inépuisable mais aussi du plus moderne des jardins de Paris »*, selon le jardinier paysagiste Gilles Clément. Avec d'autres auteurs, Pascale Heurtel et Yves Laissus (conservateurs), Jules Merleau-Ponty (romancier), Jean-François Lagneau, Alexandre Gady et Gilles de Bure (architectes et historiens de l'architecture), il invite le lecteur aux délices d'une *« promenade intelligente »* dans l'histoire, dans les sciences et dans nos mémoires. À l'occasion de la sortie du livre, une balade dans ce théâtre de verdure a été organisée pour les libraires et les journalistes, le 11 octobre.

168 pages, 49 €, Éditions du Muséum/Éditions Nicolas Chaudun.

Requins, entre peur et connaissance de Catherine Vadon, du département Milieux et Peuplements aquatiques, offre une approche très complète et accessible du monde des requins, présents dans tous les océans du globe, redoutés ou vénérés, mais dont certaines espèces sont aujourd'hui menacées de surexploitation.
160 pages, 29 €, Éditions du Muséum/Éditions Jean-Pierre de Monza.

CALENDRIER

22-23-24 NOVEMBRE

L'association du Groupe de travail des étudiants chercheurs du Muséum (GTEM) organise son 12e congrès sur le thème « Du gène au paysage : approches multidisciplinaires de la biodiversité », à l'auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution.

Occasion unique pour les doctorants, post-doctorants et étudiants de master de présenter leurs résultats ou leurs projets de recherche devant un large public, ce congrès est aussi une façon, pour les curieux, de découvrir l'actualité et l'avenir de la recherche des sciences naturelles au Muséum. Ces rencontres permettent des échanges pluridisciplinaires sur le thème de la diversité biologique et culturelle, aux différentes échelles du vivant. Pour cette 12e édition, une quarantaine de travaux abordent des disciplines aussi variées que l'ethnobiologie, la biologie moléculaire, l'écologie du paysage, la modélisation informatique… Les résumés des communications du congrès feront l'objet d'une publication consultable à la médiathèque du Muséum et à la Bibliothèque nationale de France.

9-10 DÉCEMBRE

À l'occasion de sa première venue en France, le Consortium des jardins botaniques européens a choisi le Muséum pour sa réunion annuelle.

Depuis sa création en 1994, chaque pays de l'Union européenne délègue un représentant de son réseau national de jardins botaniques, tandis que les non-membres envoient un observateur. Nouveauté, les représentants des pays entrant dans l'Union en 2007 sont invités. Les jardins botaniques de l'Union abritent un large éventail représentatif de la diversité de la flore et apparaissent comme centre de ressources à large potentiel pour la recherche, la conservation et l'enseignement. Préoccupé par une meilleure reconnaissance de leur rôle et de leurs programmes, le Consortium est à l'origine des congrès européens des jardins botaniques (EuroGard), où ont été présentées et débattues les composantes d'un plan d'action pour les jardins botaniques européens. Hasard du calendrier, le lancement du 7e Programme communautaire de recherche et de développement (PCRD) 2007-2013 se déroule aux mêmes dates. Un responsable scientifique de la Commission européenne viendra donc le présenter en priorité aux membres du Consortium, puis aux chercheurs du Muséum.

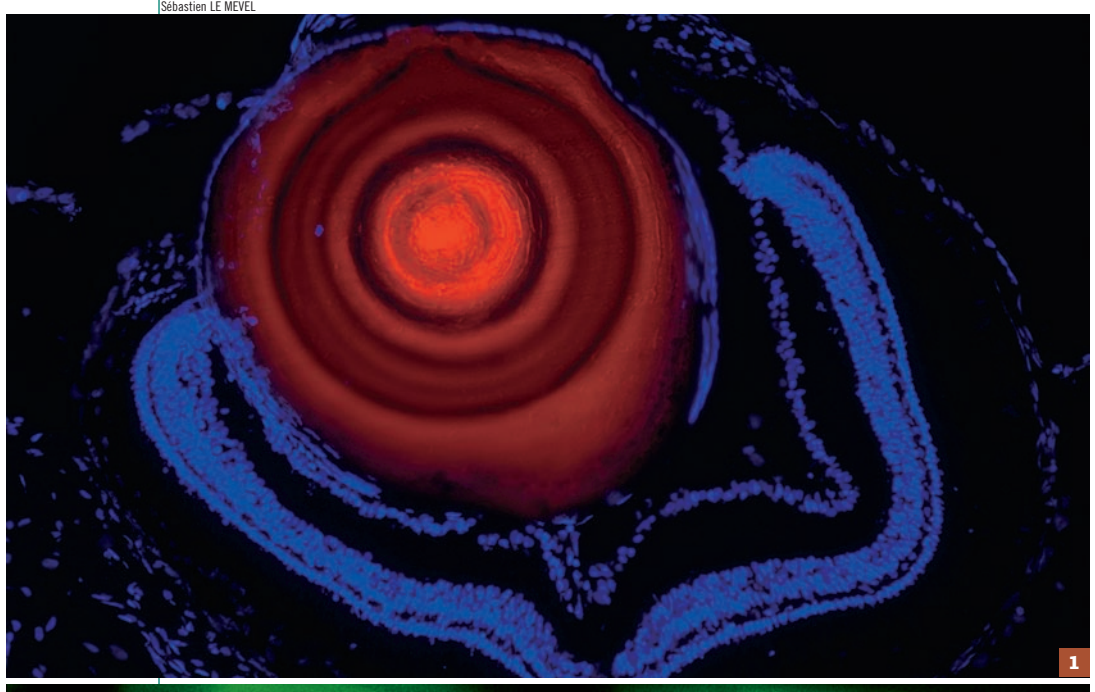
PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:00 Page 4

GÉNOMES ET SUBSTANCES NATURELLES

Décrypter le vivant

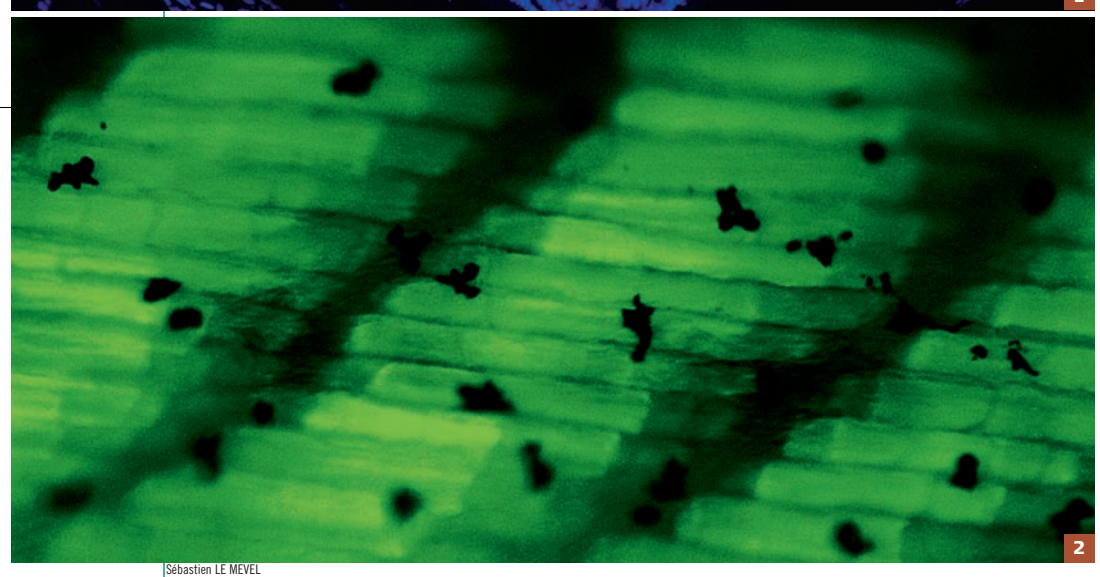
RDDM… Derrière ces quatre lettres se profile le département Régulations, Développement et Diversité moléculaire du Muséum. Sa vocation ? Étudier les processus qui contrôlent le développement et l'évolution des organismes. Avec, à la clef, une meilleure compréhension de la biodiversité et d'importantes applications thérapeutiques.

Sébastien LE MEVEL



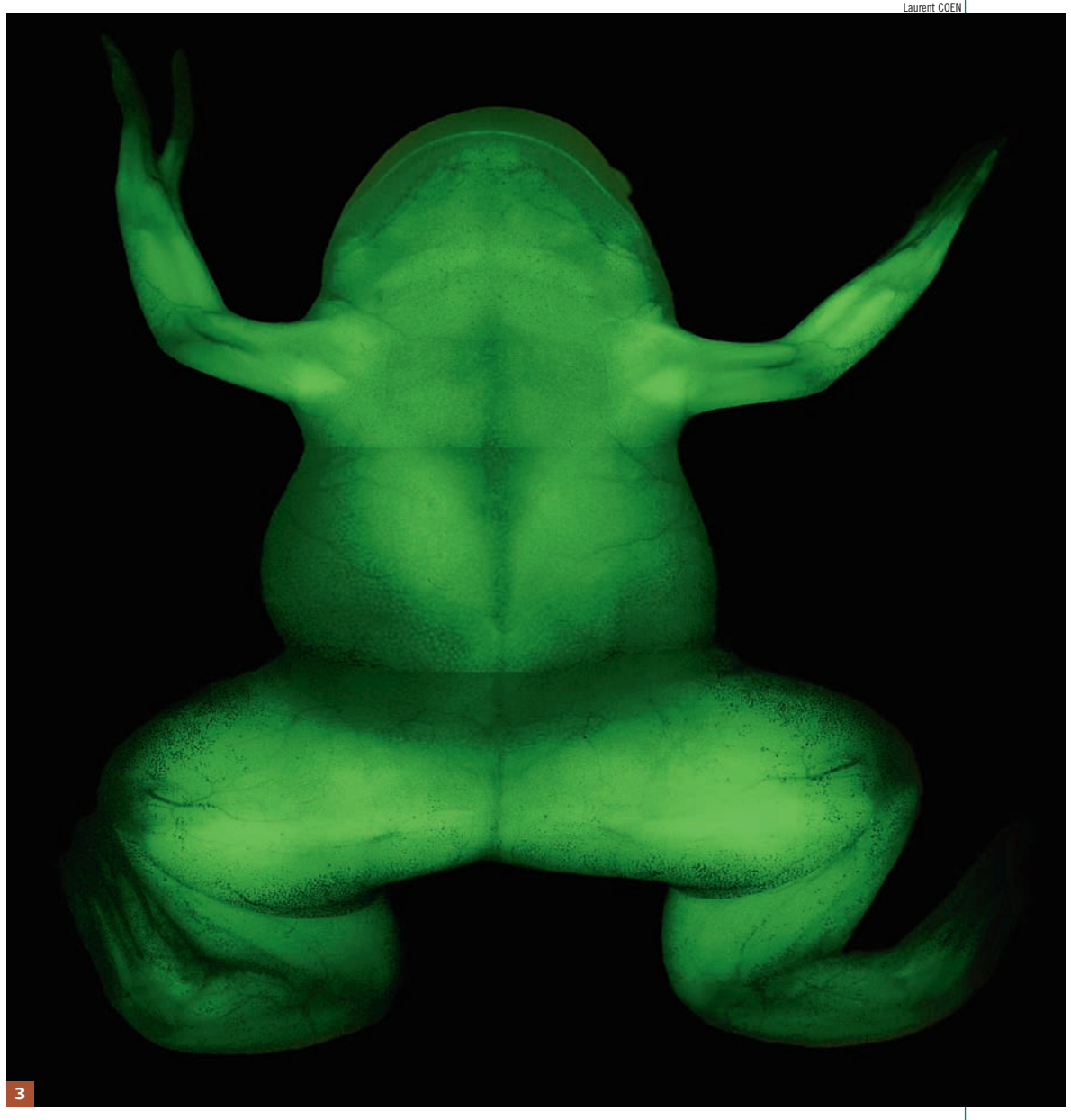
1

Sébastien LE MEVEL



2

Laurent COEN



3

Au sein de ce département, l'étude de la dynamique de la biodiversité mobilise cinq équipes de recherche, regroupées en deux pôles d'activité. Le premier s'intéresse aux régulations des **gènes** (le « R » de RDDM) et à l'expression des **génomes** lors du développement (« D » pour développement). Le second étudie l'adaptation des organismes à l'environnement et la diversité (D) des **molécules** (M) qu'ils produisent. « *Caractériser les processus contribuant à la diversité des formes et des fonctions est un vaste sujet*, précise Barbara Demeneix, directeur du département. *Les recherches, qui combinent approches théoriques et expérimentales, à l'échelle d'un organisme entier ou de la molécule, sont donc ciblées sur quelques grandes problématiques.* » Aperçu des travaux menés par les équipes du département, témoignages à l'appui…

La génomique, clef de la connaissance

« *L'exploitation de données génomiques ouvre aujourd'hui des perspectives très intéressantes pour connaître l'origine de la biodiversité et les différences, parfois très subtiles, entre les espèces – l'*Homo sapiens *partage environ 98 % de ses gènes avec le chimpanzé ! Grâce à elle,* poursuit Barbara Demeneix, *nous pouvons mieux comprendre l'évolution des génomes et la façon dont certains gènes-clés sont régulés.* » Illustration : le génome du têtard et celui de la grenouille sont identiques. Toutefois, les gènes sont exprimés différemment chez l'un et l'autre. Au sein du pôle de génomique, l'objectif des chercheurs consiste donc à étudier les régulations qui se mettent en place chez les amphibiens, leur déroulement et, éventuellement, ce qui pourrait venir les perturber. Ces questions, apparemment ciblées sur une espèce, résonnent différemment à la lumière d'un constat inattendu : « *Il existe des similitudes entre le têtard et le mammifère au cours de son développement,* souligne la responsable du département. *En effet, la métamorphose et la période périnatale impliquent des changements parallèles, avec des modifications radicales de la respiration, la nutrition, la maturation sensorielle…* »

Le pôle de génomique a investi dans des technologies de pointe. Les chercheurs utilisent la **transgénèse** pour introduire, chez le têtard, des gènes produisant des protéines fluorescentes. La lumière émise par ces protéines permet ensuite de suivre les régulations des gènes, dont celles, très complexes, qui gouvernent sa métamorphose en grenouille. Des marqueurs permettent ainsi d'observer plusieurs éléments génétiques, aisément repérables par le chercheur.

Des amphibiens modèles

Le département a appliqué cette technique à la détection des effets de certains polluants, au niveau génétique, chez des têtards. Explication de Barbara Demeneix : « *Nous savons aujourd'hui que toute modification des équilibres hormonaux peut avoir de graves conséquences sur la santé humaine et la faune. Par ailleurs, certains produits (plastifiants, pesticides), rejetés dans l'environnement, risquent d'affecter la reproduction des êtres vivants ou le fonctionnement de leur glande thyroïde. Or les amphibiens, en raison de leur cycle de vie aquatique et terrestre, sont particulièrement sensibles à ces contaminants.* » À partir de ce modèle intéressant, les chercheurs du Muséum ont réussi à mettre au point des tests performants.

1 Coupe fine d'un œil de Xénope (grenouille) transgénique, cristallin (rouge) et cellules photo réceptrices (bleu).

2 Fibres musculaires d'un Xénope transgénique exprimant la protéine fluorescente verte GFP (Green Fluorescent Protein).

3 Xénope transgénique exprimant la protéine fluorescente verte GFP (Green Fluorescent Protein).

L'ADN sait se défendre

Au sein d'une autre unité de recherche, Loïc Ponger travaille sur l'information génétique codée par l'**ADN**. « *Elle est perpétuellement menacée* », explique le chercheur. Des agents mutagènes comme les rayons UV, ou des processus cellulaires peuvent en effet modifier la séquence d'ADN initiale en introduisant des cassures ou en substituant certains **nucléotides**. Des dommages parfois à l'origine de cancers. « *Au cours de l'évolution, de nombreux mécanismes de réparation ont été mis en place pour maintenir l'intégrité des génomes* », poursuit Loïc Ponger. Actuellement, ceux de plus de deux cents organismes ont été séquencés. « *Grâce à une approche bioinformatique, notre objectif est d'étudier la présence et l'absence des protéines de réparation d'ADN connues parmi ces organismes et de comprendre comment la variabilité des voies de réparation peut être liée à l'histoire des espèces ou à leur mode de vie.* »

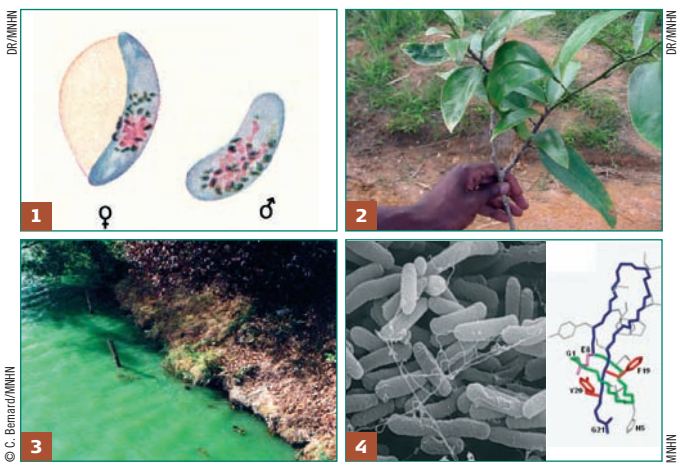
PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:01 Page 5

1 Globule rouge infecté par les stades sexués (gamétocytes) de *Plasmodium falciparum*, protozoaire parasite agent du paludisme.

2 *Strychnopsis*, plante malgache source de la tazopsine. Actuellement, les chercheurs s'efforcent de préparer la tazopsine par synthèse chimique.

3 Développement massif de *Planktothrix agardhii* (cyanobactérie toxique) dans un plan d'eau d'Île-de-France.

4 Bactéries *Escherichia coli* non pathogènes, productrices de la microcine J25.



À la découverte des substances naturelles

Rattachées au second pôle d'activité du département (chimie et biochimie), d'autres équipes travaillent sur les molécules naturelles produites par les végétaux, les animaux et les bactéries. *« Nous étudions leurs activités biologiques et leurs possibles applications,* précise Philippe Grellier, directeur d'une unité de recherche. *Il s'agit d'un champ d'investigation immense, à l'origine de la majorité des médicaments actuels et probablement futurs. »* Les chercheurs se concentrent sur certains aspects, en s'interrogeant sur l'effet d'une substance donnée sur des organismes ciblés.

La découverte de la tazopsine, un nouvel alcaloïde antipaludique, illustre le travail d'investigation des biologistes et chimistes du Muséum, en étroit partenariat avec une équipe malgache. Bernard Bodo, également à la tête d'une unité de recherche, revient sur cette collaboration. À Madagascar, l'écorce de la *Strychnopsis* est utilisée en médecine traditionnelle pour lutter contre le paludisme. *« À partir de cette plante,* complète-t-il, *nous avons réussi à identifier des molécules actives susceptibles d'être utilisées avec succès à un stade précis du paludisme (atteinte du foie), pour lequel il n'existe pas de médicament réellement spécifique connu à ce jour. »*

Haro sur les bactéries

Le pôle « Chimie et Biochimie de l'adaptation » du département étudie également la structure et la fonction des microcines. Ces molécules antimicrobiennes tuent les bactéries toxiques et contribuent ainsi à l'équilibre de la microflore intestinale des vertébrés. Comment s'y prennent-elles ? Une équipe du Muséum a démontré leur stratégie. Sylvie Rebuffat, professeur, en donne la clef : *« Pour pénétrer plus efficacement dans les bactéries concurrentes, tel le cheval de Troie, ces microcines se font passer pour des molécules important le fer, élément indispensable à la prolifération bactérienne. »* Les recherches sur les mécanismes de défense ont été étendues à des molécules issues d'éponges marines et des bactéries qu'elles hébergent.

Dernier exemple, en prise directe avec notre environnement : l'activité humaine et le réchauffement climatique menacent l'équilibre des écosystèmes aquatiques côtiers et d'eau douce. Ces modifications entraînent la contamination des eaux douces de surface par des cyanobactéries qui peuvent, par leur capacité à synthétiser des toxines, affecter la qualité de l'eau potable, la pisciculture ou encore des activités aquatiques récréatives. Au sein du département, Cécile Bernard consacre ses recherches à ces microalgues : *« Nous tentons de comprendre les mécanismes de développement de ces cyanobactéries et l'impact de leurs toxines sur la biodiversité et la santé humaine. »* Les observations englobent des écosystèmes tropicaux (Afrique de l'Ouest) et tempérés (Île-de-France). Elles s'appuient sur les collections vivantes du Muséum. Développer la connaissance, isoler des molécules capables de soigner, observer la biodiversité pour contribuer à sa préservation mobilisent ainsi plus de 70 chercheurs animés par la curiosité et la passion.

Vitamine A et développement

Une équipe du département a expliqué l'origine des malformations craniofaciales induites par l'acide rétinoïque. Ce dérivé de la vitamine A est essentiel au développement de l'embryon et au bon fonctionnement de l'organisme adulte. Utilisé en cancérologie et dermatologie, son excès pendant la grossesse peut toutefois provoquer de graves malformations fœtales. « *En laboratoire,* confie Giovanni Levi, directeur de l'équipe, *les chercheurs ont reproduit ces malformations et élucidé les mécanismes responsables : l'acide rétinoïque empêche l'activation de certains gènes (dont les gènes Dlx) qui contrôlent la formation de la face.* » Cette analyse suggère également un scénario évolutif plausible pour l'origine de la diversité de la tête des vertébrés.

Effet de l'acide rétinoïque sur le développement du crâne

Maxence Vieux-Rochas

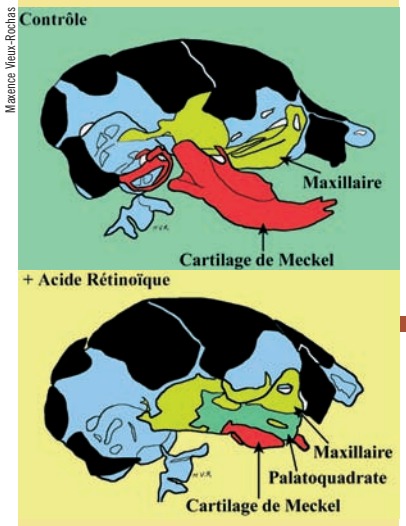


Figure de Maxence Vieux-Rochas, étudiant au Muséum dans l'équipe de Giovanni Levi.

Définitions

Génome
Ensemble de l'information génétique (héréditaire) d'un organisme. Présent dans toutes les cellules, il contient les instructions nécessaires à leur développement, leur fonctionnement et leur reproduction. Le support matériel est l'Acide DéoxyriboNucléique (ADN), une molécule géante composée de quatre maillons (A, T, G, C) appelés nucléotides.

Gène
C'est une des instructions du génome, qui est formé par un enchaînement de nucléotides, c'est-à-dire une portion d'ADN. Chaque gène est porteur d'informations relatives aux caractéristiques d'un individu (couleur des yeux, par exemple).

Molécule
Assemblage d'atomes, elle est un constituant de la matière vivante ou non.

Transgénèse
Action d'introduire un gène étranger dans un organisme vivant pour lui conférer une nouvelle propriété.

Contacts

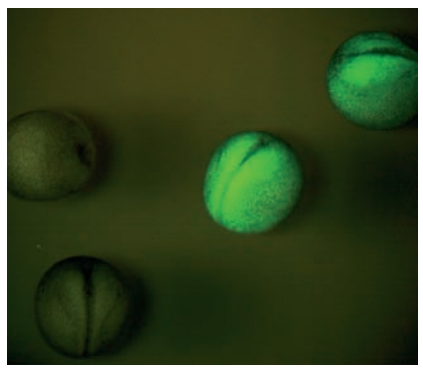
Département Régulations, Développement et Diversité moléculaire
Directeur : Barbara Demeneix
Unités de recherche : Évolution des régulations endocriniennes. Chimie et Biochimie des substances naturelles. Régulation et Dynamique des génomes. Biologie fonctionnelle des protozoaires. Écosystèmes et interactions toxiques.

PORTFOLIO

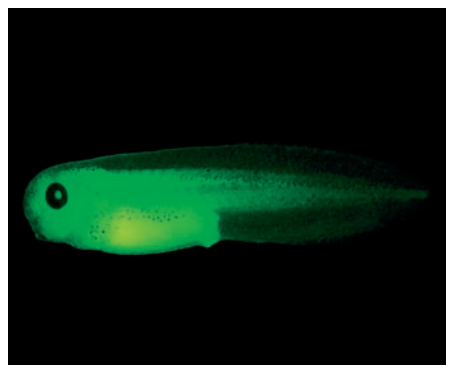
Leçon de transgénèse

Photos : Sébastien LE MEVEL

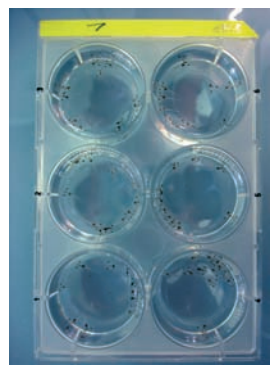
Injection de spermatozoïdes génétiquement modifiés dans des œufs.



Sélections des embryons de Xénope transgéniques exprimant la protéine fluorescente après 24 h.

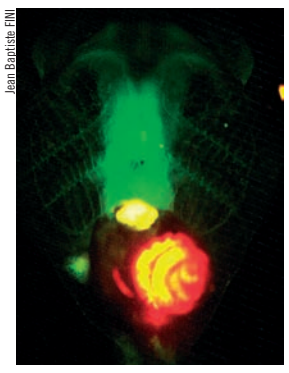


Têtard de Xénope transgénique exprimant la protéine fluorescente après 3 jours.



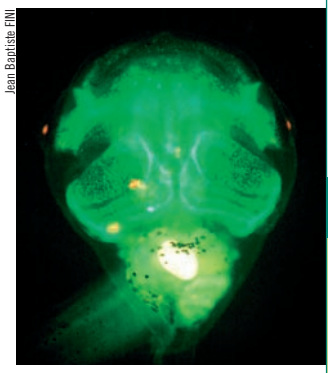
Têtards mis en contact avec une substance supposée perturbatrice du système endocrinien.

Jean Baptiste FINI



Têtard « contrôle » non mis en présence de la substance supposée perturbatrice.

Jean Baptiste FINI



Têtard surexprimant la protéine fluorescente après le traitement indiquant une perturbation endocrinienne.

PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:01 Page 6

Au cœur de la pédagogie, avec Veolia Environnement

Veolia Environnement est un groupe majeur dans les services à l'environnement et à la propreté industrielle. À travers sa fondation d'entreprise, il soutient des projets liés à la préservation des ressources et du patrimoine naturels, à l'éducation et à la sensibilisation à l'écocitoyenneté. Très tôt, le groupe a rejoint le Muséum sur des études de préfiguration d'une Galerie des Enfants au sein de la Grande Galerie de l'Évolution.

Henri Proglio
Président-Directeur général
de Veolia Environnement

Vernier/JBV NEWS/Photothèque VEOLIA

Henri Proglio félicite Robert Barbault pour son prix.

Pouvez-vous nous en dire plus sur votre engagement en matière de biodiversité et de respect de l'environnement ?
La diminution de la diversité biologique mondiale, due aux activités humaines, évolue à un rythme sans précédent. Selon l'Union mondiale pour la conservation de la nature, le taux d'extinction des espèces est de mille à dix mille fois supérieur à ce qu'il serait naturellement. Face à cet enjeu majeur, Veolia Environnement se mobilise. En effet, bien que les activités du Groupe veillent tout particulièrement au respect de l'environnement, il existe toujours un risque d'impact résiduel sur les milieux naturels qu'il nous appartient de maîtriser au titre de notre responsabilité globale d'entreprise.
La préservation de la biodiversité a ainsi été ajoutée à l'article 1 de la Charte du développement durable du Groupe en 2003 et Veolia Environnement développe actuellement une approche en deux étapes : la caractérisation des impacts de ses activités et la mise en place d'un outil de gestion intégré au système de management environnemental.

Quelles sont vos orientations futures dans ce domaine ?
Parmi les activités du Groupe, l'eau et la propreté sont principalement concernées par la question de la biodiversité. Deux types d'impacts majeurs sont en cours de caractérisation : celui des rejets sur les écosystèmes récepteurs (pour l'assainissement, notamment avec la participation au phénomène d'eutrophisation, destructeur de biodiversité) et celui des installations en elles-mêmes, du fait de l'occupation des espaces (centres de stockage des déchets…). La caractérisation des impacts s'accompagne, par ailleurs, d'une identification des bonnes pratiques et de leur promotion sur l'ensemble de nos sites. À titre d'exemple, dans la Région Centre-Est, le champ captant de Crépieux Charmy, le plus grand d'Europe, a vu la mise en place d'une gestion exemplaire des milieux naturels.

La fondation Veolia Environnement a décidé de soutenir le projet « Galerie des Enfants » qui ouvrira en 2008. Quelle est la raison de cette décision ?
L'idée nous a d'emblée enthousiasmé ! La Fondation Veolia entretient des liens étroits avec le Muséum. Il nous a paru très intéressant de lui apporter notre soutien sous plusieurs formes. D'abord, l'aider à investir dans la pédagogie. Ensuite, faire le lien entre l'histoire du monde et la construction de l'avenir. Notre motivation est forte et double. Veolia épouse l'idée de préserver la mémoire pour construire l'avenir. Dans le même temps, il nous paraît essentiel de sensibiliser les enfants sur des sujets pas forcément faciles mais toujours fondamentaux. La pédagogie est une clé essentielle.

Laurent BESSOL/MNHN

En 2006, la fondation Veolia Environnement a décerné pour la première fois son Prix du livre sur l'environnement. Robert Barbault, professeur au Muséum et directeur du département Écologie et Gestion de la biodiversité, a été primé. Pourquoi ce choix ?
Nous encourageons le monde de l'édition à publier des ouvrages sensibilisant le grand public aux enjeux de l'environnement. Ce prix littéraire est le premier à récompenser des ouvrages consacrés à ce thème. Parmi les cinq titres sélectionnés, le jury présidé par Claude Michelet a couronné le livre de Robert Barbaut, *Un éléphant dans un jeu de quilles*, basé sur des constats scientifiques incontestables et compréhensibles par tous. L'auteur montre que l'homme a bouleversé la biodiversité. Ce qui a conquis le jury ? L'optimisme de la conclusion : l'homme peut encore faire équipe avec la vie !

Bernard FAYE/MNHN

Un lieu d'éveil et d'expérience

L'idée d'une Galerie des Enfants est née d'un constat simple : l'audience de la Grande Galerie de l'Évolution est jeune. Aussi doit-elle, pour conserver sa modernité et son attractivité, s'adapter à l'évolution de ses publics, de leurs pratiques et de leurs demandes.
En ouvrant une Galerie des Enfants au cœur du parcours de la Grande Galerie de l'Évolution, l'offre devient plus complète et convient mieux aux plus nombreux : les 6-12 ans. Sur 600 m², un cheminement à travers le vivant, son histoire et son avenir aborde la biodiversité et sensibilise le futur citoyen aux conséquences de son comportement et de son mode de vie.
Deux temps forts ponctuent la visite. Le premier évoque la richesse et la fragilité du vivant. L'enfant grimpe dans un arbre de la forêt tropicale, explore une cour d'école en ville, survole en hélicoptère le cours d'une rivière… Il peut ainsi admirer et ressentir les trésors du vivant, partir à la découverte des équilibres fragiles qui régissent le fonctionnement des espèces dans leur environnement. Le second temps fort conduit à cogiter sur l'avenir de notre planète. Il invite l'écocitoyen en herbe à trouver des pistes de réflexion et d'action face aux défis majeurs : surexploitation des ressources naturelles, crise de la biodiversité, réchauffement climatique…
Le dispositif muséographique cherche à sensibiliser, à susciter la curiosité et à déclencher la réflexion à partir d'une approche active et ludique. Tous les sens sont sollicités à travers une scénographie riche et inventive associant décor, ambiance sonore et lumineuse et mises en scène variées : spécimens naturalisés, images fixes et animées, présentations spectaculaires et petits espaces ou objets à explorer. Le parcours s'achève dans un espace d'actualité où de nombreux ouvrages, presse et sites Internet proposent un prolongement et un approfondissement de la visite en lien avec le monde extérieur.

MNHN

À suivre…

Le grand projet de rénovation du Parc zoologique de Vincennes (cf. la lettre du Muséum n° 2) entre dans une nouvelle étape décisive. La forme d'un partenariat public privé a été choisie, ce qui permettra de retenir un opérateur privé pour le financement, la réalisation des travaux et la part d'exploitation technique déterminée par le Muséum. Pendant l'été, l'appel à candidatures a été lancé, pour une remise des offres le 13 novembre dernier. Les candidats sélectionnés devront présenter une première offre relative à la mise en œuvre technique du projet et à son montage juridique et financier, sur la base du cahier des charges établi par le Muséum. Ce document intègre le projet architectural et paysager élaboré par l'équipe TN+. S'ensuivront plusieurs phases de dialogue compétitif entre le Muséum et les différents candidats, avant remise d'une offre définitive et, au final, choix du partenaire. Celui-ci devrait intervenir à la mi-2007. En parallèle, et pour que ce projet soit mené à bien, une révision du Plan local d'urbanisation (PLU) est incontournable. La Ville de Paris a engagé, début novembre, une démarche en ce sens.

Rendez-vous

28 novembre : l'Association pour le développement du mécénat industriel et commercial (Admical) organise une conférence à l'auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution. Son thème ? « Mécénat environnemental : problématiques et enjeux ».

Hôte de cette manifestation, le Muséum apporte sa contribution au développement nécessaire du mécénat de l'environnement. Au cours de cette matinée, plusieurs entreprises vont présenter leurs programmes dans différents domaines. La Fondation Veolia Environnement, lauréate 2006 de l'Oscar Admical du mécénat d'entreprise, sera bien sûr présente.

PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:01 Page 7

Compte à rebours pour le futur centre scientifique de Dinard

Au cours du XXe siècle, le Muséum a engagé un mouvement d'expansion notamment vers le littoral. Désireux d'enrichir ses activités de recherche liées à la mer, il se dote d'une façade maritime en implantant deux stations marines, l'une à Dinard (1935), l'autre avec le Collège de France à Concarneau (1996). Aujourd'hui, un projet est en passe de réunir Dinard et la station de l'Ifremer, basée à Saint-Malo. Depuis septembre, les coups de pioche du chantier de construction du Centre de recherche, d'enseignement et de culture scientifique sur les systèmes côtiers (Cresco) résonnent à Dinard.

Thalassa Dinard/Didier CHAZAL

1

Réseaux

Les stations marines de Dinard et de Concarneau sont rattachées au département Milieux et Peuplements aquatiques du Muséum, mais les travaux menés se font en étroite relation avec deux autres départements : Écologie et Gestion de la biodiversité ; Systématique et Évolution. Le Cresco développera plus spécifiquement les inventaires et la modélisation en 3D. Celle-ci permet de faire du prédictif en intégrant des paramètres physiques (marées, vents, salinité…) et biologiques (recrutement larvaire, caractéristiques de nage des larves…). Concarneau apportera sa pierre à ces études, tout en poursuivant ses propres recherches sur la traçabilité génétique des peuplements ou encore les biotechnologies.

2

Stanislas DUBOIS

« *Il devenait évident pour ces deux organismes, partageant le même intérêt pour la mer et installés au cœur d'une des particularités océanographiques les plus exceptionnelles au monde, de se regrouper* », estime Christian Retière, professeur au Muséum et « père » du Cresco. Il évoque la Manche et la baie du Mont-Saint-Michel avec passion : « *Cette mer à fort régime de marée, l'une des plus spectaculaires au monde, est le siège de très forts courants. Ses marnages – amplitude maximale entre la haute et la basse mer – peuvent y atteindre 15,5 mètres !* » C'est donc dans ce décor, « où la marée remonte à la vitesse d'un cheval au galop », que vont s'élever les murs du Cresco. Fin du chantier : décembre 2007.

La force d'un équipage

Le futur Cresco complète le dispositif des stations marines du Muséum en région Bretagne. Son action scientifique – l'étude et la gestion de la biodiversité des zones côtières et l'interface des parties continentale et marine – sera complémentaire à celle de la station de Concarneau. « *Le bâtiment Cresco va faciliter les synergies scientifiques, augmenter l'efficacité des équipes et surtout apporter une lisibilité à l'action de l'Ifremer et du Muséum en région* », explique Dominique Doumenc, directeur de la station de Concarneau et du département Milieux et Peuplements aquatiques au Muséum. Lorsque l'idée jaillit, en 1994, les chercheurs du Muséum et de l'Ifremer collaborent depuis longtemps à des projets communs sur l'étude du fonctionnement des systèmes côtiers naturels ou modifiés par les activités humaines. Cette conjonction d'intérêts permet la création informelle d'une équipe pluridisciplinaire d'une vingtaine de chercheurs et personnels techniques. La mutualisation des moyens sur une plateforme commune devenait logique afin de conserver une certaine performance.

Hisser haut

Le Cresco devrait booster l'efficacité des deux stations. Une bonne façon de renforcer leur positionnement au sein de la communauté scientifique. Réputée sur le plan international, l'équipe Cresco reste en prise avec le terrain. Les connaissances acquises constituent en effet une aide à la décision pour les collectivités locales, les élus, les administrations… Côté moyens, le Cresco permet un saut qualitatif incontestable : développement de programmes de recherche communs, acquisition d'équipements lourds… Sans oublier une ouverture plus large aux stagiaires étudiants et aux chercheurs, français et étrangers. Inscrit au contrat de plan État-Région 2000-2006, le Cresco représente un budget de 2,37 millions d'euros et implique plusieurs partenaires fortement mobilisés autour du Muséum : Ifremer, conseil régional de Bretagne, conseil général d'Ille-et-Vilaine, Pays de Saint-Malo et Ville de Dinard. Sans oublier le centre de thalassothérapie Thalassa-Dinard qui a permis l'économie d'une station de pompage en autorisant un repiquage sur sa canalisation d'eau de mer. « *La Ville de Dinard a offert un terrain de 11 000 mètres carrés en bord de mer,* explique Françoise Clauzel, chargée de mission auprès de Jean-Dominique Wahiche, responsable du projet Cresco au Muséum. *Pas moins de 1 000 mètres carrés de bâtiments accueilleront des laboratoires alimentés en eau de mer, bureaux, centres de ressources, locaux d'enseignement, espaces techniques et ateliers.* » Les équipements sont de premier plan. À titre d'exemple, un hall d'expérimentation de 100 mètres carrés abritera un canal de courantométrie, une alvéole d'analyse de vitesse de chute et six cuves de 1 mètre cube d'eau de mer. Deux salles seront photothermorégulées, des cuves permettront le refroidissement et le réchauffement de l'eau de mer et une pièce sera réservée à la culture d'algues.

1 Vue aérienne de Dinard.

2 Récif d'hermelles (ou crassier) de la baie du Mont-Saint-Michel, îlot de biodiversité à protéger et à gérer.

Un projet au long cours

Recherche, enseignement supérieur, culture scientifique et technique constituent les trois piliers du Cresco. Au programme de la recherche, l'estimation de la capacité de la baie du Mont-Saint-Michel à nourrir les organismes qu'elle abrite, avec un focus sur la stabilité des peuplements d'organismes fixés là, dont les fameux bancs d'hermelles. Côté enseignement, en partenariat avec l'Université de Rennes-I et l'École supérieure d'agronomie, le Cresco va intensifier son intervention au sein du master *Évolution, patrimoine naturel et sociétés* du Muséum. Le dernier défi à relever s'inscrit dans la durée. Il s'agit de mieux faire connaître au grand public la zone littorale, ses ressources et les enjeux de sa préservation. « *Le Cresco est un atout majeur pour le Muséum. Il constitue la pierre angulaire de sa politique scientifique dans l'étude des écosystèmes côtiers* », conclut Dominique Doumenc.

Plans François Paumier Architectes Associés

Le charme de la Louisiane

Clin d'œil à l'architecture balnéaire de la fin du XIXe siècle, le choix architectural du bâtiment Cresco s'est porté sur un projet inspiré du style « Louisiane ». Dans un souci de bonne tenue au temps, les matériaux utilisés pour les sols et les cloisons, forcément non corrosifs et labellisés HQE, ont fait l'objet d'une sélection impitoyable. À l'extérieur, un soin particulier a été porté aux revêtements, afin de respecter le cadre de Dinard : toits en ardoise, murs habillés soit en parement brique et enduit, soit en bardage de châtaignier, portiques brise-soleil en bois…

PCA 7062 LETTRE MUSEUM V11fg 22/11/06 17:01 Page 8

SMAIL MOSTEFAOUI

Décrocher les étoiles

Digitized Sky Survey

Semeis 147 : rémanent de supernova dans la constellation du Taureau (environ 150 années-lumière de diamètre). Ce nuage de débris stellaires se trouve à une distance de 3000 années-lumière.

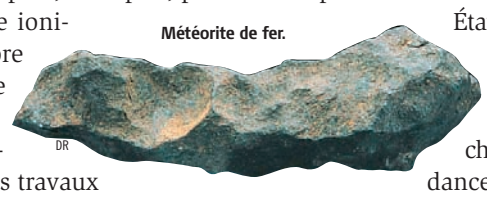
Patrick LAFAITE/MNHN

Regardait-il les étoiles comme les autres lorsqu'il était enfant ? « *Oui* », répond Smail Mostefaoui, cosmochimiste et ingénieur de recherche au Muséum. À un questionnement près : *« J'ai toujours voulu percer leur secret. »*

Le jeune garçon grandit en Algérie. Sa passion pour la physique aussi, nourrie par d'excellents professeurs. « *Ils m'ont guidé et j'ai gardé le contact avec deux d'entre eux.* » Son bac scientifique et une maîtrise de physique en poche, il opte pour l'astrophysique. Direction Paris. L'apprentissage commence à l'université d'Orsay et se poursuit à l'Institut de physique du globe. En 1992, Smail Mostefaoui intègre le Muséum pour sa thèse. Le sujet ? « *Quand et comment le métal a-t-il été formé, dans la nébuleuse solaire, il y a 4,5 milliards d'années ?* » Pour répondre, coup de phare sur les météorites primitives. Le Muséum en possède une centaine et veille sur « *une collection unique au monde de 1 200 pierres venues d'ailleurs* ». Dès cette époque, le chercheur utilise la première génération de sondes ioniques (dite 3F). Durant sa thèse, jusqu'en 1996, il se rend aux États-Unis pour utiliser l'une de ces machines capables d'étudier la matière à une échelle infiniment petite.

Eurêka !

À la clef de ses travaux, une découverte, « *celle d'un carbone incorporé à des matériaux du système solaire, mais formé en dehors, dans le milieu interstellaire* ». Smail Mostefaoui poursuit ses recherches sur le carbone en Allemagne, durant deux ans, fidèle à la même technologie. Mais il lui faut dix-huit mois de plus, au Japon, pour apprivoiser la sonde ionique, dite 1270, encore plus performante. Le simple utilisateur devient expert. Entretemps, il réoriente ses travaux sur la datation des chondres. « *Il s'agit d'objets ronds, intégrés aux météorites primitives, formés au tout début du système solaire, qui composent 90 à 95 % de sa matière.* » Le chercheur réussit à démontrer que la formation des chondres s'est produite à un moment précis de l'histoire du système solaire : lors de la phase de condensation qui a précédé la formation des embryons de planètes.



Météorite de fer.

DR

Voir l'invisible

Fin 2000, retour en Allemagne, où Smail Mostefaoui participe à l'installation de la toute dernière génération de sonde ionique, la NanoSIMS 50, dont il n'existe que deux exemplaires au monde (la seconde est aux États-Unis). L'aventure va durer cinq ans et, grâce aux prouesses de cet instrument, le chercheur montre l'abondance de grains de silicate dans le milieu interstellaire. « *Un phénomène connu des astrophysiciens mais qui n'avait jamais pu être prouvé en raison de la trop petite taille de ces grains.* » Il a toutefois une autre idée en tête : prouver la présence d'une supernova ayant pu jouer le rôle de déclencheur dans la formation du système solaire. « *Je voulais reprendre mon travail sur le fer⁶⁰, un élément présent en grande quantité dans les supernovae, là où il est produit. Comme sa durée de vie n'excède pas, en moyenne, 1,5 million d'années, il me fallait trouver suffisamment de nickel⁶⁰ dans les météorites primitives pour attester l'existence antérieure de fer⁶⁰.* » Smail Mostefaoui parvient à ses fins en 2005 : il démontre cette abondance « *impossible à expliquer sans l'explosion d'une supernova juste avant ou pendant la formation du système solaire* ».

Sans limites

Quand, en novembre 2004, le Muséum se dote de la NanoSIMS 50, Smail Mostefaoui rejoint tout naturellement l'équipe du Laboratoire d'étude de la matière extraterrestre. Il supervise l'exploitation scientifique de la machine : faisabilité technique, mise au point d'une méthodologie adaptée à chaque projet, capacité d'interprétation des données… « *Les concepteurs de cet instrument n'en connaissent pas les limites. On découvre son mode d'emploi au fur et à mesure. J'aimerais partager mon savoir sur cet outil* », explique le chercheur. Mais attention ! Il faut se montrer patient et poser à la NanoSIMS les bonnes questions. Qu'est-ce qui le fait avancer ? Étudier l'infiniment petit pour comprendre l'infiniment grand. Et puis voir, toucher et scruter des météorites pour se rapprocher des étoiles. « *Je me souviens de ma première observation de la Lune dans un télescope. Elle était là, suspendue dans l'espace comme par miracle, sans moteur. J'ai réalisé la magie de l'Univers et en même temps toute sa fragilité…* » À méditer…

NanoSIMS, mode d'emploi

Il en existe moins de vingt dans le monde. Elles exigent plusieurs années de formation, mais nul ne connaît vraiment leur potentiel. Seule une poignée d'experts nourrit leur appétit d'analyse, au cœur du monde invisible de l'infiniment petit. Ce sont les NanoSIMS, dernière génération des sondes ioniques. Des instruments capables de déterminer de manière incroyablement précise la composition chimique et **isotopique** d'une poussière de l'ordre de quelques dizaines de **nanomètres** (10^{-9} mètre). L'acquisition d'un tel outil par le Muséum, grâce au soutien de la Région Île-de-France et du CNRS, est un formidable atout pour la recherche : des premières traces de la vie, il y a trois milliards d'années, aux poussières d'étoiles confiées par la Nasa, les sujets d'investigation ne manquent pas.

Patrick LAFAITE/MNHN

DÉFINITIONS

NANOMÈTRE
Un nanomètre est égal à un milliardième de mètre.

ISOTOPIQUE
Pour un même élément – le carbone ou l'uranium, par exemple – il existe une ou plusieurs configurations de son noyau qui diffère selon le nombre de neutrons présents. Ces configurations, aux propriétés physiques différentes, sont appelées isotopes.

Extraterrestre !

Quand la vie est-elle apparue sur notre planète ? De quelle manière a-t-elle évolué, à la faveur de quels environnements ? Comment notre système solaire s'est-il formé ? Existe-t-il un élément déclencheur ? Que nous apprennent les roches, les minéraux, la composition de la Terre ? Ces questions mobilisent cinq unités de recherche au sein du département Histoire de la Terre du Muséum. Parmi elles, le Laboratoire d'étude de la matière extraterrestre (Leme). Il se concentre sur les processus de formation du système solaire, la Terre primitive et l'origine moléculaire de la vie. Une longue histoire, jalonnée d'étapes, dont les météorites ont préservé la trace. Les travaux du laboratoire reposent donc pour l'essentiel sur l'analyse de la collection de météorites du Muséum.

NASA

Nébuleuse d'Orion (taille estimée à 30 années-lumière). Située à seulement 1500 années-lumière de notre planète, elle est l'une des régions d'intenses formations d'étoiles les plus proches.

Contacts

Département Histoire de la Terre
Directeur : Christian de Muizon
Unités de recherche : Minéralogie et pétrologie. Paléobiodiversité. Histoire naturelle des origines, Leme.

Le Muséum
57, rue Cuvier 75005 Paris
Tél. : 01 40 79 30 00
www.mnhn.fr

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Bertrand-Pierre Galey
DIRECTEUR ÉDITORIAL
Philippe Pénicaut
RÉDACTEUR EN CHEF
Catherine Rouillé

CONCEPTION - RÉALISATION
PCA / Rampazzo & Associés
Rédacteurs : Isabelle Servais-Hélie, Anne Béchiri
IMPRESSION
Imprimerie Escourbiac
81300 Graulhet